



Universidade Federal de Viçosa

**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA
AGRÍCOLA**



Universidad Pública de Navarra

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIEROS AGRÓNOMOS**

**INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA Y TIEMPO DE SECADO EN LA
CALIDAD DE LAS HOJAS DE *Cymbopogon Citratus* D.C. STAF**

presentado por

Iosu Otazu Larrasoña

INGENIERO TÉCNICO AGRÍCOLA EN EXPLOTACIONES AGROPECUARIAS

**ENGENHEIRO AGRÔNOMO ESPECIALIDADE EM
EXPLORAÇÕES AGROPECUÁRIAS**

**VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2010**

RESUMEN

Las plantas medicinales han sido a lo largo de la historia de la humanidad de suma importancia para el cuidado de la salud y muy utilizadas para la fabricación de medicamentos y remedios naturales. Durante mucho tiempo las plantas medicinales fueron el principal recurso para la medicina. La mayoría de las plantas medicinales son provenientes de países tropicales, de las cuales el 25% de las especies tienen su origen en Brasil. Por eso que en este país varias especies de plantas medicinales son utilizadas por su población. Este uso generalizado de los remedios naturales se debe no sólo al coste menor, sino a que gran parte del conocimiento fitoterapéutico brasileiro es legado de las tribus indígenas, de la colonización europea y de las poblaciones africanas.

Capim-limão, denominada científicamente *Cymbopogon Citratus* D.C. STAF, es una planta del género de las gramíneas, que abarca a 85 especies. Es originaria de la India, pero es cultivada en todos los países de la región de los trópicos, como es el caso de Brasil, donde tiene un alto consumo. Su aceite esencial es uno de los más importantes aceites comercializados, siendo su principal compuesto el Citral. El método más sencillo y económico de conservación de esta planta es el secado. Existen diferentes métodos de secado como son el secado natural, al sol o a la sombra, y el secado con ventilación forzada, en estufa o en secadero. El presente estudio trata de evaluar mediante el método STAP (Secado con Temperatura Alta Programada) qué tiempos y temperaturas eran las óptimas para el secado de las hojas de esta planta.

Esta metodología fue analizada para diferentes parámetros como son el tiempo de secado y la cantidad y calidad del aceite extraído (rendimiento de aceite y análisis cualitativo de éste). Los resultados obtenidos apuntan a la temperatura de STAP de 60°C y a un tiempo de 10 minutos de secado como la combinación óptima para este proceso de conservación. Sin embargo no se encontró una tendencia clara, ni relación significativa entre los factores de estudio, por lo cual se concluyó que el método de STAP utilizado no era el correcto y se planteó la realización del mismo en un único equipo de secado, en detrimento del uso de dos aparatos (estufa y secadero).

ÍNDICE

ÍNDICE:

1. Introducción

1.1. Plantas medicinales.....	1
1.2. Capim-limão.....	2
1.3. Secado de capim-limão.....	3

2. Objetivos.....6

3. Materiales y métodos

3.1. Local y materia vegetal.....	7
3.2. Recogida y selección de muestras.....	7
3.3. Determinación del contenido de agua.....	7
3.4. Secado.....	8
3.5. Extracción de aceite esencial.....	12
3.6. Análisis cualitativo de aceite esencial.....	14

4. Resultados y discusión

4.1. Determinación del contenido de agua.....	16
4.2. Tiempo de secado.....	16
4.3. Rendimiento de aceite.....	18
4.4. Componentes de aceite esencial.....	20

5. Conclusiones.....21

6. Bibliografía.....22

INTRODUCCIÓN

1- INTRODUCCIÓN:

1.1- Plantas Medicinales:

A lo largo de la historia de la humanidad las plantas medicinales han sido utilizadas como remedios debido a las propiedades curativas que poseen algunas especies. Durante mucho tiempo las plantas medicinales fueron el principal recurso disponible para la medicina. Por esta razón fueron desarrollándose numerosos estudios sobre esas plantas e investigaciones sobre el uso de sus productos y derivados.

Con la evolución de la química se fueron sustituyendo los compuestos naturales de las plantas medicinales por quimioterapéuticos para finalmente ser éstos aprobados y comercializados como medicamentos. En 1978 la Organización Mundial de la Salud (OMS) reconoce la fitoterapia como terapia alternativa de eficacia comprobada. Actualmente por causa del alto coste de los medicamentos industrializados y la tendencia de los consumidores a utilizar productos de origen vegetal, el comercio de plantas medicinales está en expansión en todo el mundo. En un principio sólo las pequeñas empresas tenían interés en comercializar plantas medicinales, mientras que ahora son las grandes farmacéuticas quienes también las comercializan, siendo las más importantes las de origen alemán (RIBEIRO et al, 1998).

A nivel mundial el 40% de los remedios son derivados directa o indirectamente de fuentes naturales, siendo el 75% de origen vegetal y el 25% de origen animal y microorganismos. Y el 80% de la población mundial hace uso de alguna planta medicinal o aromática, siendo el 30% por indicación médica. Los países en los que es más evidente el crecimiento de la comercialización y el consumo de medicamentos fitoterapéuticos son Alemania, Francia, Inglaterra, Italia y España.

Brasil es el país con mayor número de especies animales y vegetales del mundo, abarcando entre el 10 y el 20% del total. La mayoría de las plantas medicinales son provenientes de países tropicales, de las cuales el 25% de las especies tienen su origen en Brasil. No sólo por el coste menor, sino también como resultado de la influencia de diversas etnias, en Brasil varias especies de plantas medicinales son utilizadas por su población en el cuidado de la salud. Este uso generalizado de los remedios naturales se debe a que gran parte del conocimiento fitoterapéutico brasileiro es legado de las tribus indígenas, de la colonización europea y de las poblaciones africanas.

Entre los años 1996 y 2006 el déficit comercial en Brasil creció un 55,2%. En ese periodo las importaciones aumentaron un 33,9% y las exportaciones aumentaron un 238,1% (RODRIGUES et al). A pesar del buen crecimiento relativo de las exportaciones en ese periodo, no se consigue cambiar el fuerte carácter importador que Brasil asume en la cadena productiva de las plantas medicinales.

1.2- Capim-limão:

Capim-limão es una planta del género de las gramíneas, que abarca a 85 especies. Es originaria de la India, pero es cultivada en todos los países de la región de los trópicos. Esto se debe a que requiere de climas cálidos y húmedos, con lluvias bien distribuidas y temperatura media elevada. Su aceite esencial es uno de los más importantes aceites comercializados. Su principal compuesto es el Citral, que es una mezcla de isómeros cis y trans, conocidos como Citral A o isómero E (Genaral), y Citral B o isómero Z (Neral).

El aceite es extraído por destilación en la razón media de 0,26% en relación a la masa de hojas; tiene aspecto líquido y poco denso, de color brillante entre amarillo claro y marrón, y un olor alimonado muy característico.

La droga vegetal de la especie está constituida por hojas secas con un contenido mínimo de 0,5% de aceite esencial éste constituido por un 60% de Citral como mínimo, según la Farmacopea Brasileña IV (2003). "El petróleo de la hierba de limón ha estado disponible en dos formas básicas y producido en el sur de Asia y el conocido como "East Indian", y otra producida en América Central, América del Sur, Indochina y partes de África y difundida como "West Indian". (Sreenath y JAGADISHCHANDRA, 1991).

Esta planta es muy consumida en Brasil en forma de infusión, posee un sabor agradable, además, tiene propiedades curativas pues alivia las crisis menores de colon y el intestino, se usa para el nerviosismo y la inquietud, como anti flatulento, diaforético y antiespasmódico. Su acción sedante y antiespasmódica es debida a la presencia de citral y la acción de actividad analgésica es por el Mirceno, que son dos componentes esenciales de esta especie (Matos 1994, Silva 1995).

También es relevante mencionar las propiedades antibacterianas y anti fúngicas de este aceite. El extracto hidroalcohólico muestra un efecto analgésico significativo. El extracto acuoso de la planta fresca, así como el aceite esencial aislado inhiben las sustancias inductoras del dolor, tales como: carragenina y prostaglandina. El Citral tiene la propiedad larvicida y repelente de insectos. Por lo tanto la acción biolarvicida para el mosquito del dengue es mayor que el de los insecticidas químicos utilizados. La gran demanda de este aceite en el mercado nacional e internacional se debe a sus numerosas aplicaciones, y sus precios son considerados compensadores, aunque su producción es baja en comparación con otras hierbas aromáticas.

1.3- Secado de capim-limão:

El secado es el proceso que consiste en la eliminación de gran parte del agua inicialmente incluida en el producto, hasta un nivel de contenido de humedad aceptable para ser almacenados por largos períodos sin pérdidas significativas y sin reducir el valor comercial del producto. Este fenómeno tiene como finalidad la reducción del agua disponible y por lo tanto de la actividad de agua y la velocidad de las reacciones en el producto y en el desarrollo de los microorganismos (Christensen & KAUFHANN, 1974).

El proceso de secado se puede dividir en tres etapas, basándose desde el punto de vista de la transferencia de calor y masa; usando el parámetro de temperatura y velocidad del aire de secado, la humedad relativa dentro y exterior del sistema de secado, la temperatura y presión estática de material de acuerdo a la altura de la capa de producto.

El inicio del secado es la primera etapa, en la cual ocurre una elevación gradual de la temperatura del producto y la presión interna de vapor de agua. Esta etapa finaliza cuando la transferencia de calor es equivalente a la transferencia de masa. En la segunda etapa el agua es el agua libre, y se caracteriza por la tasa constante de secado. Esta tasa será constante, mientras haya la cantidad de agua suficiente en la superficie del producto para acompañar la evaporación. Y por último, la tercera etapa, donde la tasa de secado es decreciente. La reducción de la migración de la humedad de la superficie interior para la superficie del producto hace que la transferencia de calor no sea compensada con la transferencia de masa. Esto se debe a que la cantidad de agua presente en la superficie del producto es menor, reduciendo la transferencia de masa. El proceso finaliza cuando el producto llegue al punto de equilibrio del contenido de humedad en relación con el aire de secado.

Con el fin de aumentar la eficiencia, el secado de las partes frescas cosechadas deben ser preparadas previamente para el proceso. En el caso del capim-limão, las hojas de las plantas son cortadas y picadas para reducir el tiempo de secado.

El secado de plantas medicinales se puede realizar de diferentes maneras, como es de forma natural al aire libre o al sol, y también a la sombra o al abrigo, y artificialmente con aire caliente por medio de secadores y/o estufas. El método más antiguo y fácil de secado es el secado al sol el cual es utilizado en regiones de clima cálido y seco. En este método el producto es dejado a la intemperie para el secado sobre mallas o bandejas.

Como desventajas tiene la pérdida de componentes fotosensibles y la posible pérdida de producto y alteraciones cambios en el sabor, color y olor de la hierba debido a las condiciones climáticas adversas.

Para el secado a la sombra el producto se mantiene en un lugar sombreado (cobertizos), colocando también el producto sobre mallas o bandejas.

En regiones con alta humedad relativa no es una técnica recomendada, ya que permite el desarrollo de microorganismos.

El secado artificial se realiza en secadores de conducción de aire caliente forzado o invernaderos, a baja humedad relativa. Esta técnica es la más utilizada en los países de clima húmedo y lluvioso. En función de la sensibilidad de los componentes que las plantas poseen, se determina la temperatura óptima del aire de secado. Debido a su bajo coste y simplicidad de operación en comparación con otros métodos de conservación como apertización, irradiación, refrigeración, el secado es el proceso más comúnmente utilizado para conservar la calidad de los productos naturales. Este proceso tiene objetivos específicos como son: satisfacer las necesidades de la industria farmacéutica, reducir el contenido de agua haciendo disminuir drásticamente la actividad de agua de los productos para aumentar así la vida útil, facilitando su transporte, manejo y almacenamiento.

De ahí también que los compuestos aromáticos presenten una estabilidad a temperatura ambiente durante mucho tiempo, y las enzimas oxidativas ofrecen protección, así pues se facilita la extracción de aceite esencial, eliminando un alto porcentaje de agua libre de las células y tejidos, la prevención de procesos enzimáticos de degradación y proporcionar la conservación y el segundo disminuye la posibilidad de proliferación de microorganismos. El mayor problema en el secado y el almacenamiento es la alta sensibilidad del principio biológicamente activo y su conservación en el producto final.

SKURBIS (1982) hizo un estudio con una estufa a 40, 50, 60 y 70 ° C de temperatura, y observó una correlación lineal entre el aumento de aire de secado en la pérdida de la composición química del producto y el efecto de la altura con 5,75, y 10 cm no fue significativo. Según Silva (1995) la velocidad es otro parámetro muy importante en el proceso. Martinazzo hizo otro estudio donde también concluye que la temperatura de aire de secado a 50 ° C demuestra ser la más indicada para el secado de la especie *Cymbopogon Citratus*. También Barbosa et al. (2006) concluyó que el contenido de Citral en capim-limão se incrementó significativamente cuando las hojas se sometieron al tratamiento con respecto a las hojas frescas. Los autores consideran que este aumento puede atribuirse a la oxidación de Geraniol durante el proceso de secado al convertirse en un Geranial. El contenido de Nerol presentó un porcentaje menor que Geraniol en comparación con la planta fresca, pero no hubo diferencias significativas entre los tratamientos de secado, porque no tuvo un aumento en la oxidación de Nerol durante el secado, convirtiéndose en Neral. El estudio que hizo Buggle trata de la influencia del secado de capim-limão en cuanto al contenido de aceite esencial y de Citral en estufas con temperaturas de 30, 50, 70, y 90 °C. Los mejores resultados de la concentración de aceite fueron a 30 °C (1,34%) y 50 °C (1,43%). Pero el tratamiento a 30 °C favorece el desarrollo de hongos. En la temperatura de secado a 70 y 90 °C se obtuvieron contenidos de aceite 1,19 y un 1,06% respectivamente. Por lo tanto la temperatura óptima del aire de secado es de 50 °C. El secado y el almacenamiento son de gran importancia en el producto final,

razón por la cual los productos de mala calidad están asociados con unos pasos de recolección, procesamiento y almacenamiento inadecuados.

Por lo tanto, estos parámetros son fundamentales para lograr un producto de buena calidad, puesto si se produjera un fallo en cualquiera de estos dos pasos, la calidad del producto final se vería influenciada. Si el secado no se realiza adecuadamente, podría comprometer el contenido de principios activos y también podría influir en el color y olor, como en la calidad final.

OBJETIVOS

2- OBJETIVOS

Debido a la importancia de las plantas medicinales y que las etapas de pre-procesamiento de éstas son carentes de información y precisan de tener conocimientos específicos han sido desenvueltos varios estudios. El presente trabajo tiene como objetivo analizar algunos aspectos del secado de las hojas de Capim-limão y concretamente:

- Analizar la cantidad de aceite obtenida en función de la metodología Secado con Temperatura Alta Programada (STAP), obteniendo los resultados en rendimientos de aceite esencial en porcentaje de materia seca.
- Comprobar la influencia de la metodología STAP en el tiempo final de secado.

MATERIALES Y MÉTODOS

3- MATERIALES Y MÉTODOS

3.1- Local y Materia vegetal

En este trabajo se utilizan hojas de *Cymbopogon Citratus* D.C. STAF de los cultivos ubicados en el área experimental de Riego y Drenaje, de la Universidad Federal de Viçosa, con un año de edad. La plantación de Capim-limão se hizo en el invernadero de 52,5 m², este recinto tiene la forma circular de 7,5 metros de longitud. La altura central es de 5 metros y una anchura de 7 metros, cubierto con film de polietileno de baja densidad de 150 micras de espesor.

Los experimentos de secado se realizaron en el laboratorio para el secado de la zona de almacenamiento y el Laboratorio de Análisis y Síntesis de productos agroquímicos de los Departamentos de Ingeniería y productos químicos agrícolas, respectivamente, ambos ubicados en la Universidad Federal de Viçosa.

3.2- Recogida y selección de muestras

El muestreo y selección de las muestras fue realizado por cosecha manual de los cultivos en el sitio descrito anteriormente en octubre y noviembre. Después de la cosecha las hojas se llevaron al local apropiado en el área de almacenamiento en donde fueron seleccionadas, retirándose cualquier parte de otra planta o materiales extraños y también las partes enfermas ó dañadas.

El último procedimiento realizado antes de comenzar el secado consistía en realizar cortes transversales de 2 cm de longitud a las hojas.

También fueron seleccionadas al azar tres muestras frescas para analizar el contenido de agua y realizar ensayos químicos.

3.3- Determinación del contenido de agua

Para determinar el contenido de agua se utilizaron muestras frescas de 25 gramos en tres repeticiones. Las muestras se colocaron en estufa de circulación forzada de aire y una temperatura de 103 ± 2 °C durante 24 horas, realizándose por el método gravimétrico, conforme con la metodología descrita por NORMAS ASAE (2000), RADÜNZ (2004) BARBOSA (2005), y LEMOS Martinazzi (2008).

3.4- Secado

Para realizar el secado de las hojas de capim-limão es utilizado el Secado con Temperatura Alta Programada (STAP), con cinco niveles de temperatura inicial del aire de secado (60, 70, 80, 90 y 100 °C) y tres niveles de duración del intervalo de temperatura alta (5, 10 y 15 minutos), realizado en estufa y manteniendo la temperatura y la velocidad del aire de secado constantes de 50 °C y 1 m/s, respectivamente, en el secador hasta alcanzar el contenido final de humedad del producto de 10%, con tres repeticiones.

Tabla (1): Metodologías STAP

STAP	Tª inicial (°C)	Tª final (°C)	Tiempo de intervalo
1	60	50	5,10 e 15
2	70	50	5,10 e 15
3	80	50	5,10 e 15
4	90	50	5,10 e 15
5	100	50	5,10 e 15



Figura (1): Secador con ventilación forzada.

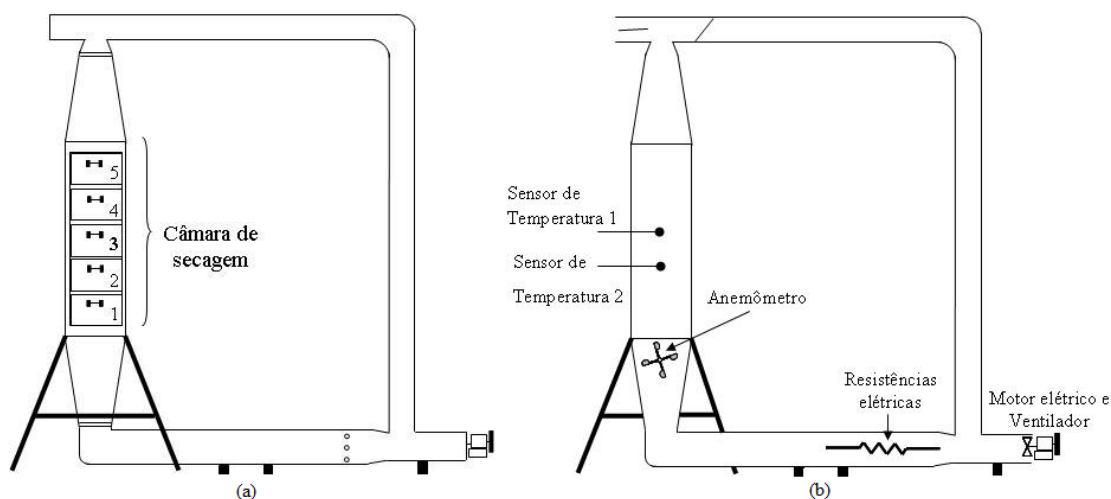


Figura (2): Esquema del secadero

El secadero usado para el secado a temperatura y velocidad de aire constante pertenece al laboratorio de procesamiento de plantas medicinales, aromáticas y condimentarias del departamento de Ingeniería Agrícola de la Universidad Federal de Viçosa. El secadero tiene ventilador para insuflar el aire con el flujo ascendente y cinco bandejas de dimensiones $0,25 \times 0,25 \times 0,15$ cm, con fondo mallado, dispuestas de forma horizontal, y sistema de calefacción equipado con resistencias eléctricas. Por medio de un sistema automático de adquisición de datos (SAAD), acoplado a un microcomputador se realiza el control y registro de la temperatura del aire de secado. Dicha temperatura es medida por termopares tipo T, previamente calibrados.

En la medición de la velocidad del aire de secado se utilizó un anemómetro palas rotativas y la velocidad se mantuvo constante durante el proceso de secado mediante el control del diafragma. Y la humedad relativa es medida y monitorizada por medio de un termohigrógrafo digital. El análisis y control de la pérdida de humedad del producto se realizaba por medio de medidas de peso realizadas en una balanza semi-analítica digital.

En estudios anteriores se observó la rápida pérdida de masa durante la primera hora, siendo más lento en las horas siguientes. Debido a esto, la pérdida de masa fue medida cada 10 minutos durante la primera hora, cada 20 minutos en la segunda y cada 30 minutos en las horas siguientes.

Estas medidas se hicieron para alcanzar la masa más próxima con respecto a la masa final calculada (en este momento concluye el proceso de secado), que corresponde con el 10% de humedad del producto en bulbo húmedo y se obtiene a través de la siguiente fórmula:

$$M_f = M_i(100 - h_i / 100 - h_f)$$

M_f = Masa final de la muestra

M_i = Masa inicial de la muestra

h_f = Humedad final de la muestra (valor constante de 10%)

h_i = humedad inicial de la muestra (contenido de agua = 76,78%)

**Ejemplo:*

Temperatura STAP= 60 °C; Tiempo STAP=15 min; Masa inicial de la muestra=304 gr

Partiendo de una masa inicial de 304 gramos, sabiendo la humedad inicial de esta planta fresca (76,78%) y fijando el valor de la humedad final deseada (10%) obtenemos la masa final del producto (78,432 gramos). Así de esta manera realizamos varios pesajes hasta aproximarnos lo máximo posible a este valor de masa de producto.

Por último, el tiempo que transcurre hasta alcanzar el 10% de humedad del producto es el tiempo de secado.

Con cada temperatura y tiempo de STAP, se realizan tres repeticiones para después hacer la media de las tres y obtener un único valor y un único tiempo de secado. Para el estudio con 60 °C a 15 minutos los tiempos de secado de las tres repeticiones fueron 200, 210 y 220 minutos, por lo cual se concluye que el tiempo de secado es de 210 minutos.

Todo este proceso se lleva a cabo con diferentes temperaturas y tiempos de STAP, consiguiendo un tiempo de secado, como se muestra en el cuadro, para cada combinación de factores (de tiempo y temperatura) incluida la muestra control que utilizó una temperatura constante de 50 °C durante todo el proceso de secado.

Tabla (2): Diseño experimental

T ^a estufaje (°C)	Tiempo estufado (min)
----(50cte)	----(50cte)
60	5
60	10
60	15
70	5
70	10
70	15
80	5
80	10
80	15
90	5
90	10
90	15
100	5
100	10
100	15

3.5-Extracción del aceite esencial:

La extracción de aceite esencial se realizó en el Laboratorio de Análisis y Síntesis de productos Agroquímicos (LASA). Esta extracción de aceite es almacenada por el aparato Clevenger adaptado a un matraz de fondo redondo con capacidad de 2000 ml a través del proceso de destilación.



Figura (3): Aparelo clevenger

Las hojas fueron cortadas en fragmentos de 2 cm para facilitar la extracción. Se tomaron muestras de 20g para las hojas sometidas a secado y 90g de las muestras de hojas frescas. Se llenó un matraz aforado con cada muestra y con 1000 ml de agua destilada. Basándonos en pruebas preliminares el tiempo de extracción fue de 90 minutos desde el momento de ebullición. Durante este tiempo se busca obtener el aceite esencial de estas hojas en un matraz Erlenmeyer de 250 ml. Por último para arrastrar las posibles trazas de aceite contenidas en el Clevenger se vierten 50 mL de pentano sobre éste.

Una vez obtenido el hidrolato (mezcla de agua, aceite y pentano), se llevó a cabo la separación con el disolvente orgánico pentano (3x50 ml) de aceite esencial y agua en embudo de separación, donde pentano atrae el aceite. La fracción orgánica obtenida (aceite y pentano,) se trató con sulfato de magnesio anhidro en exceso, para extraer el posible agua que todavía quedaba en pequeña cantidad. Después de reposar unos minutos la solución se filtra y se concentra en un rotavator a 40 °C hasta la reducir significativamente el volumen de disolvente (pentano).



Figura (4): Evaporador rotativo

Luego fue trasladado a un frasco de 5 ml previamente tarado y finalmente para eliminar completamente el agua y el sulfato de magnesio contenidos en la solución, se trató con gas nitrógeno obteniendo el volumen final de aceite esencial.



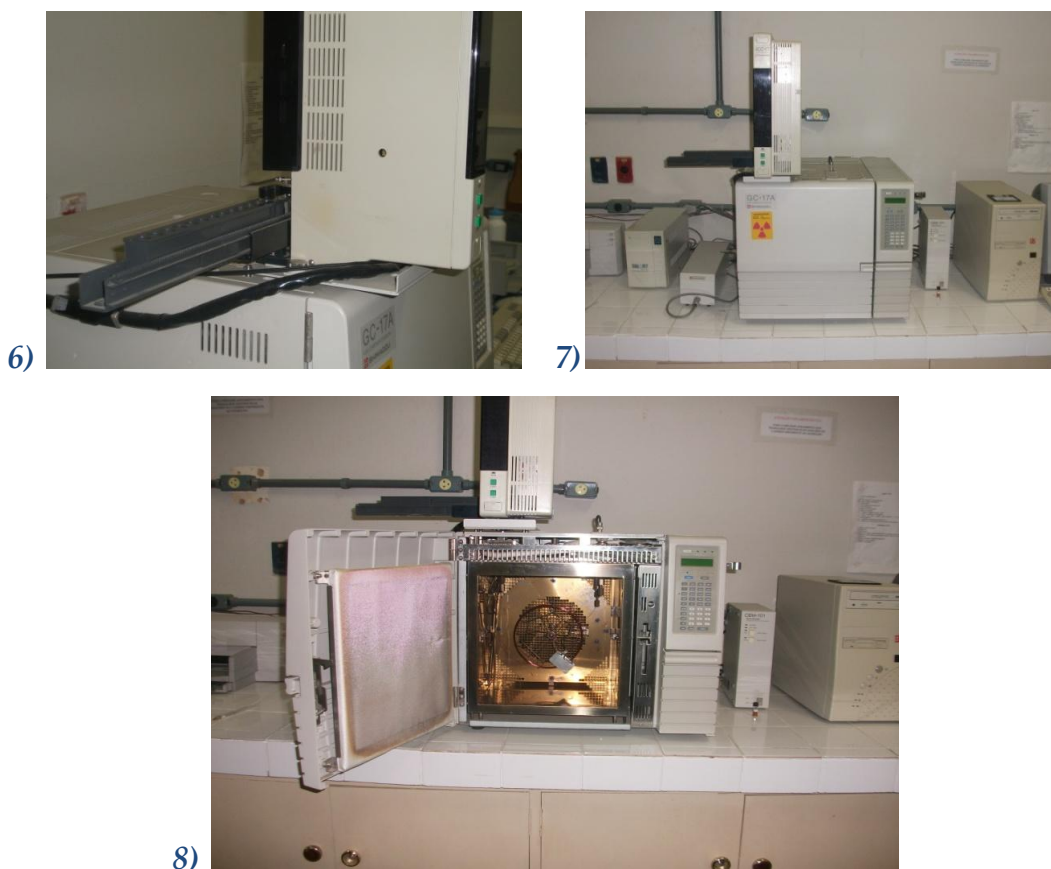
Figura (5): Gas Nitrógeno

Por último los frascos fueron pesados en una balanza analítica para conocer el contenido, en gramos, de aceite esencial.

3.6- Análisis cualitativo del aceite esencial:

El análisis cualitativo del aceite se realizó en el Laboratorio de Análisis y Síntesis de Agroquímicos (LASA), del Departamento de Química de la Universidad de Viçosa. Este análisis consistió en la identificación de componentes de aceites esenciales, que siguen la metodología descrita en Adams (1995).

La identificación de los componentes del aceite esencial se llevó a cabo mediante cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (GC -MS), Shimadzu QP 5000, utilizando una columna capilar de sílice fundida cromatografía DB-5 de 30 metros de longitud, 0.25 μm de diámetro y 0.25 μm de espesor de grueso.



Figuras (6, 7 y 8): Cromatógrafo

Este proceso utiliza una temperatura del inyector de 220°C, la programación de la columna con la temperatura que van desde 60 (temperatura inicial) a 240°C, aumentando 3°C por minuto. Esta temperatura final se mantendrá otros 30 minutos dando un tiempo de análisis de 91 minutos. Se utilizará helio como gas portador con un caudal de 1,0 mL/min. El volumen de muestra inyectado es de 1 ml (1% de la solución de éter dietílico) a una concentración de 10.000 ppm, utilizando hexano como disolvente. Para lograr la

identificación de los compuestos se llevará a cabo la comparación de los espectros con los registrados en la base de datos (Wiley 1999) del equipo y el índice de retención de Kovats (IK) para cada componente. Los IKs se compararon con datos de la literatura (Adams, 1995).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1- Determinación del contenido de agua

Tabla (3): Contenido inicial de agua

Contenido inicial de agua			
Recipiente (g)	Rec. + Fresca	Rec.+ Seca	Cont. agua%
11,01	37,71	17,33	76,33
11,10	36,99	17,19	76,48
10,96	37,66	16,96	77,53
Media = 76,78%			

Para obtener el contenido de humedad de la planta fresca se realiza la media de tres repeticiones, usando el método gravimétrico descrito anteriormente (3.3).

4.2- Tiempo de secado

Tabla (4): Resultados tiempo de secado

Tª STAP (°C)	Tiempo STAP (min)	Tiempo secado (min)
(50°C cte) ----	-----	200
60	5	210
70	5	200
80	5	190
90	5	190
100	5	220
60	10	160
70	10	160
80	10	220
90	10	210
100	10	240
60	15	210
70	15	190
80	15	220
90	15	220
100	15	210

Tiempo de secado (min)

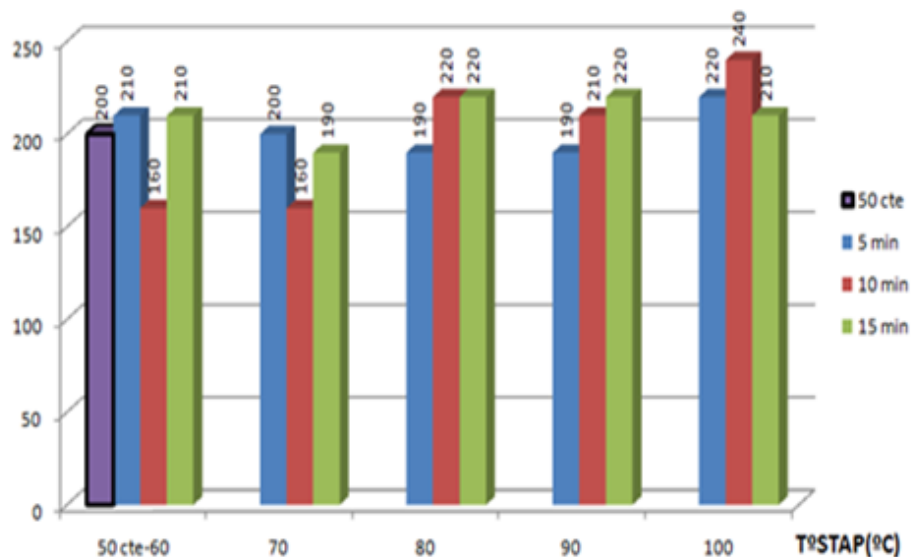


Figura (8): Valores observados del tiempo de secado

Como se observa en la gráfica, a 5 minutos se va reduciendo el tiempo de secado conforme se aumenta la temperatura alcanzando los mejores tiempos a 80 y 90°C, porque ya con 100 grados aumenta el tiempo de secado siendo 220 minutos.

A 10 minutos, al tener más tiempo en la estufa (mayor tiempo de STAP), precisa una menor temperatura de secado obteniéndose la temperatura óptima en 60 e 70°C. Después va aumentando el tiempo de secado hasta 220 minutos con 100 grados.

Y con 15 minutos no tiene una correlación lineal y la temperatura ideal es de 70°C porque con otra temperatura diferente se alcanzan mayores tiempos de secado.

Respecto al tiempo de secado las mejores opciones son 10 minutos con 60 e 70°C (160 minutos), aunque con 70 °C necesita el mismo tiempo para alcanzar la humedad final del producto tiene mayor coste energético, por lo que se concluye que la mejor combinación respecto al tiempo de secado es 60°C a 10 minutos.

La próxima opción son las combinaciones siguientes: 70°C a 15 min., y 80 y 90°C a 10 minutos que demoran 190 minutos de secado, las cuales dan mejores resultados que el valor de tiempo que se obtiene con la muestra que no es sometida a la metodología STAP, 200 minutos, por ello se concluye que las demás combinaciones de tiempo y temperatura de STAP no son recomendables al tener un tiempo de secado más elevado que el de la muestra sin STAP, o muestra control (50°C cte).

4.3- Rendimiento de aceite:

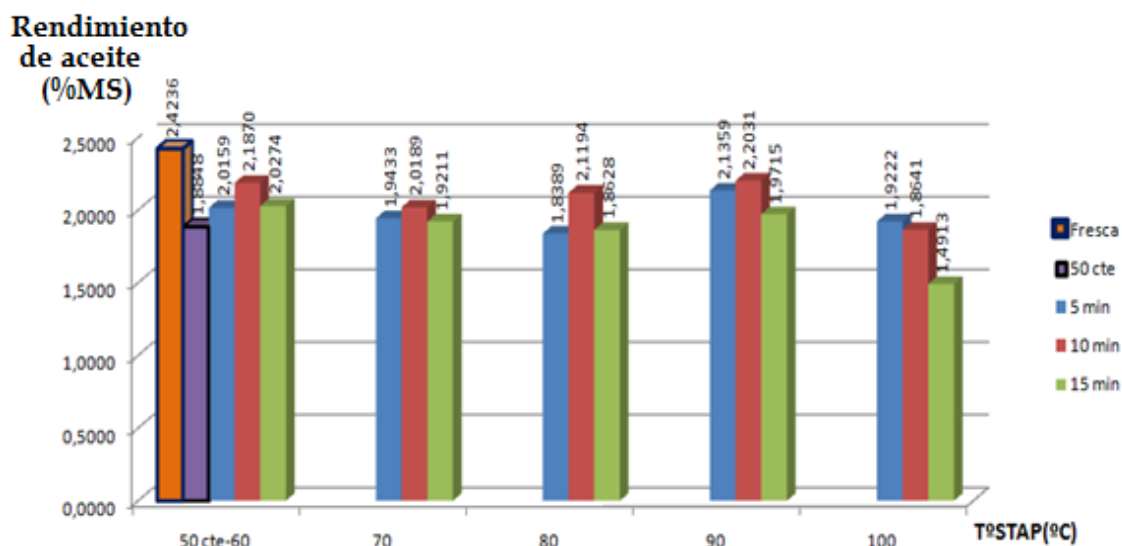


Figura (9): Valores observados para o rendimiento de óleo

Con los datos que el gráfico presenta, se observa que hay una muestra (Fresca), con más rendimiento (un 2,4236%), esto se debe a que la planta fresca tiene mejor rendimiento de aceite que una vez seca puesto que se volatiliza parte de éste; pero como el proceso de secado es totalmente necesario para la conservación, almacenamiento, y transporte, utilizamos esta muestra como referencia o muestra control.

También se observa entre las muestras sometidas a metodología STAP, que hasta 80°C van decreciendo los rendimientos con los diferentes tiempos de STAP -exceptuando a de 80°C a 10 minutos- para después aumentar a 90°C alcanzando con 5 y 10 minutos los valores máximos de cada tiempo de STAP respectivamente, y por ultimo decrecer a 100°C obteniendo los menores valores respecto 15 y 5 minutos lo que hace obviar esta temperatura de STAP en cuanto al rendimiento.

Se concluye que además de la muestra fresca, el mayor rendimiento se obtiene con un tiempo de STAP de 10 minutos, porque para cada diferente temperatura a este tiempo se consiguen los mayores valores, exceptuando con 100°C.

Tabla (5): Resultados rendimiento de aceite

T ^a STAP (°C)	Tiempo STAP (min)	Rendimiento de aceite (g)
FRESCA	FRESCA	2,4236
(50 cte) ----	(50 cte) ----	1,8848
60	5	2,0159
60	10	2,1870
60	15	2,0274
70	5	1,9433
70	10	2,0189
70	15	1,9211
80	5	1,8389
80	10	2,1194
80	15	1,8628
90	5	2,1359
90	10	2,2031
90	15	1,9715
100	5	1,9222
100	10	1,8641
100	15	1,4913

En este cuadro se aprecia como los valores de rendimiento más altos de entre todos los tiempos y temperaturas de STAP son alcanzados con 10 minutos y con 60 y 90°C, con un rendimiento de 2,1870 y 2,2031% respectivamente, siendo el más grande con 90°C 10 minutos.

4.4- Componentes del aceite esencial

Tabla (6): Resultados cualitativos del aceite esencial

TEMPERATURA/TIEMPO/REPETICIÓN	MIRCENO	NERAL	GENARIAL
50/C/1	12,239	24,954	26,451
50/C/2	12,307	25,093	26,66
60/5/2	12,255	24,873	26,354
60/10/1	12,23	24,93	26,438
60/15/3	12,228	24,964	26,476
100/15/2	12,249	24,866	26,345

Después de hacer todos los cromatogramas de las muestras de aceite esencial, se infiere que los principales componentes de todas las muestras son Mirceno, Neral y Genarial. Representado en este cuadro están los tiempos en segundos, cuando se separa cada compuesto del aceite por evaporación.

Se recojen seis muestras de aceite, ya que son representativas del resto porque los tiempos de ebullición de todas las muestras coinciden con estos tres componentes principales del aceite: Mirceno, Neral y Genarial.

CONCLUSIONES

5. CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta los parámetros del estudio, en cuanto a la composición química no se aprecia ninguna diferencia entre las distintas muestras sometidas a metodología STAP. Respecto al tiempo de secado y el rendimiento de aceite, cabe destacar que según estos parámetros la mejor opción es la muestra fresca porque no pierde tiempo en el proceso de secado y consigue un elevado rendimiento de aceite; pero la vida comercial del producto precisa de un transporte, manipulación y almacenamiento, y sin efectuar el secado las hojas se degradarían con estos procesos después de la recolecta. Es por ésto que finalmente se concluye que el mejor tiempo de STAP es con 10 minutos porque ofrece los mejores resultados en cuanto a los valores analizados.

Tabla (7): Resumen conclusiones

Tª STAP (°C)	Tiempo STAP (min)	Tiempo secado (min)	Rendimiento de aceite (g)
60	10	160	2,1870
70	10	160	2,0189
90	10	210	2,2031

Después de ver que 10 minutos es el tiempo óptimo de STAP, se concluye que la mejor combinación es con la temperatura de STAP de 60°C, ya que para 90°C el rendimiento obtenido es sensiblemente mayor mientras el tiempo de secado es mayor. Y en comparación con 70°C durante el mismo tiempo de secado el rendimiento es superior.

En el análisis estadístico no se observan diferencias significativas relevantes entre las variables de temperatura y tiempo de STAP para los parámetros de tiempo de secado y rendimiento de aceite. Por lo que no se puede llegar a la conclusión de que exista una relación entre los mismos lo que indica que la metodología utilizada no es la adecuada al haber realizado el estufaje previo y el secado final en dos equipos diferentes. Esto nos invita a enfocar posteriores estudios a un secado con un único equipo.

BIBLIOGRAFÍA

6. BIBLIOGRAFÍA:

- ADAMS, R. P. **Identification of essential oil components by gas chromatography mass spectroscopy**. Illinois: Copyright, 1995. 469 p.
- BARBOSA, F. F. **Avaliação do tempo de residência no campo e da temperatura do ar de secagem sobre o teor e sobre a composição química do óleo essencial de erva-cidreira-brasileira (*Lippia alba* (Mill) N. E. Brown)**. Viçosa, MG. Tese (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, 2005.
- BARBOSA, F. F.; BARBOSA, L. C. A.; MELO, E. C.; BOTELHO, F. M.; SANTOS, R. H. S. influência da temperatura do ar de secagem sobre o teor e a composição química do óleo essencial de *Lippia alba* (Mill) N. E. Brown. **Química Nova**, São Paulo, v.29, n.6, p.1221-1225, 2006.
- BLANK, A. F.; ARRIGONI-BLANK, M. F.; AMANCIO, V. F.; MENDONÇA, M. C.; SANTANA FILHO, L. G. M. Densidades de plantio e doses de biofertilizante na produção de capimlimão. **Horticultura brasileira**, Brasília, p. 343-349, v. 25, n. 3, 2007.
- BUGGLE, V.; MING, L. C.; FURTADO, E. L.; ROCHA, S. F. R.; MARQUES, M. O. M. Influence of different drying temperatures on the amount of essential oils and citral content in *Cymbopogon citrates* (DC) Stapf. Poaceae. **Acta Horticulturae**, Leuven-Bélgica, n.500, p.71-74, 1999.
- COSTA, L. C. B.; CORRÊA, R. M.; CARDOSO, J. C. W.; PINTO, J. E. B. P.; BERTOLUCCI, S. K. V.; FERRI, P. H. Secagem e fragmentação da matéria seca no rendimento e composição do óleo essencial de capim-limão. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.23, n.4, p.956-959, 2005.
- CHRISTENSEN, C.M.; KAUFMANN, H.H. Microflora. In: CHRISTENSEN, C.M. **Storage of cereal grain and their products**. St. Paul: American Association of Cereal Chemists, p.158-192, 1974.
- LEMOS, D. R. H. **Influência da temperatura do ar de secagem no teor e na composição química do óleo essencial de *Melaleuca alternifolia* Chee**. Viçosa, MG. Tese (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, 2008.

- LORENZI, H.; MATOS, F. J. de A. **Plantas medicinais no Brasil: nativas e exóticas**. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2002.
- LOW, T.; RODD, T.; BERESFORD, R. **Segredos e virtudes das plantas medicinais**. 1. ed. Editora Reader's Digest, 1999. 416p.
- MARTINAZZO, A. P. **Secagem, armazenamento e qualidade de folhas de *Cymbopogon citratus* (D.C.) Stapf**. Viçosa, MG. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, 2006.
- MARTINS, P. M. **Influência da temperatura e da velocidade do ar de secagem no teor e da composição química do óleo essencial de capim-limão (*Cymbopogon citratus* (D.C.) STAPF)**. Viçosa, MG. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, 2000.
- MARTINS, P. M.; MELO, E. C.; ALMEIDA, L. C. B., SANTOS, R.H.S., MACHADO, M.C. Influência da temperatura e velocidade do ar de secagem no teor e na composição química do óleo essencial de capim-limão (*Cymbopogon citratus* Stapf). São Paulo: **Acta Horticulturae**, v. 569, 2002.
- MATOS, A. F. J. **Farmácias vivas**. EUFC: Fortaleza, 1994.
- MS (Ministério da Saúde). Portaria no 6 de 31 de janeiro. São Paulo: **Informativo SBF**, mai/jun, 1995. Secretaria de Vigilância Sanitária.
- RADÜNZ, L. L.; MELO, E. C.; BARBOSA, L. C. A.; SANTOS, R. H. S.; BARBOSA, F. F.; MARTINAZZO, A. P. Influência da temperatura do ar secagem no rendimento do óleo essencial d hortelã-comum (*Mentha x villosa* Huds). **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v.14, n.4, p.250-257, 2006.
- RADÜNZ, L. L.; MELO, E. C.; BERBERT, P. A.; BARBOSA, L. C. A.; ROCHA, P. P.; MARTINS, P. M.; SANTOS, R. H. S.; GRANDI, A.M. de. Efeitos da temperatura do ar de secagem sobre a qualidade do óleo essencial de alecrim-pimenta (*Lippia sidoides* Cham.). **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, v.27, n.2, p.9-13, 2002a.
- RADÜNZ, L. L. **Secagem de alecrim pimenta, guaco e hortelã comum sobre diferentes temperaturas e sua influência na quantidade e qualidade dos**

princípios ativos. Viçosa, MG. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, 2004.

- RODRIGUES, W.; NOGUEIRA, J. M.; PARREIRA, L. A. Competitividade da cadeia produtiva de plantas medicinais no Brasil: uma perspectiva a partir do comércio exterior. In: XLVI CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 2008, Rio Branco – Acre. **Anais eletrônicos...** Rio Branco – Acre, 2008. Disponível em: <<http://www.sober.org.br/palestra/9/703.pdf>>. Acesso em: 15 set. 2008.
- SANTOS, M. R. A.; INNECCO, R. Influência de períodos de secagem de folhas no óleo essencial de erva-cidreira (quimiotipo limoneno-carvona). **Revista Ciência Agronômica**, v. 34, n. 1, 2003.
- SILVA, F.; CASALI, V. W. D. **Plantas medicinais e aromáticas:** pós-colheita e óleos essenciais. Viçosa: Arte e Livros, 2000. 135p.
- SILVA, I.; FRANCO, S. L.; MOLINARI, S. L.; CONEGERO, C. I.; MIRANDA NETO, M. H. de; CARDOSO, M. L. C.; SANT'ANA, D. de M.; IWANKO, N. S. **Noções sobre o organismo humano e utilização de plantas medicinais.** Cascavel: Assoeste, 1995. 203p.
- SKRUBIS, B.G. The drying of laurel leaves. **Perfumer & Flavorist.**, v.7, n.5, p.37- 40, 1982.
- STELLFELD, C. Da necessidade da regulamentação do comércio de plantas medicinais. **Tribuna Farmacêutica**, v. 22, p.185-189, 1955.
- VENSKUTONIS, P.R. Effect of drying on the volatile constituents of thyme (*Thymus vulgaris* L.) and sage (*Salvia officinalis* L.). **Food Chemistry**, v. 59, n.2, p.219-227, 1997.
- VERLET, N. Essential oils: supply, demand and price determination. **Acta Horticulturae**, n.344, p.9-16, 1993.